

32.Митрофанов В.П., Довженко О.О., Погрібний В.В. Про можливість застосування передумови про ідеальну пластичність до бетону // Вісник ОДАБА. Вип.7. – Одеса: ОДАБА, 2002. – С.118-124.

33.Митрофанов В.П., Онипенко Д.К. Експериментальна перевірка варіаційного методу розрахунку стиснутих і зігнутих трубобетонних елементів // Будівельні конструкції. Вип.50. – К.: НДІБК, 1999. – С.172-176.

Получено 21.03.2005

УДК 624.131.38

Ю.Л.ВИННИКОВ, А.М. ПАЩЕНКО, кандидати техн. наук, І.А.СРМАКОВА
Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

ДО МОДЕЛЮВАННЯ УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТОВОЇ СУМІШІ

Наведено методику і приклад математичного моделювання методом кінцевих елементів (МКЕ) ущільнення в лотку укочуванням шару кінцевої товщини суміші відходів гірничого виробництва та суглинку.

Однією з проблем використання сумішей відходів гірничозбагачувального виробництва (так званих “хвостів”) з глинистими ґрунтами для зведення насипів і зворотних засипок, яка стоїть перед проектувальниками, є необхідність достовірного прогнозу характеристик таких штучних ґрунтів в ущільненому стані [1].

Шляхом натурних і лоткових досліджень [2] було визначено оптимальне співвідношення складових такої суміші (70% – “хвостів” і 30% – суглинку), її оптимальна вологість ($w_{opt} \approx W_p - (0,01 \dots 0,02)$), де W_p – вологість ґрунту на межі розкочування), потужність шарів після відсипання, режим ущільнення (зокрема укочуванням рівнобарабанним котком), щільність сухого ґрунту в ущільненому шарі після завершення укочування $\rho_{d,s}$ тощо.

Але за практичних умов проведення кожного разу таких досліджень досить трудомісткий процес, тобто бажано в більшості випадків отримувати достовірні величини наведених характеристик штучних масивів розрахунком. Тому є сенс використати числове моделювання процесу укочування насипного шару ґрунту.

З цією метою пропонується застосовувати програмний комплекс “PRIZ-Pile”, в якому використанням МКЕ і кроково-ітераційних процедур реалізовано рішення вісесиметричної задачі у фізично і геометрично нелінійній постановці й можливо враховувати технологічні, геометричні та конструктивні особливості методів ущільнення [3]. Цей підхід вже апробовано авторами для визначення наведених параметрів суглинків, що укочувались прохідками навантажених самоскидів [4].

Згідно з попередніми дослідженнями числове моделювання зведення штучних основ (насіпів) з пошаровим ущільненням відноситься до класу “Робота ґрунту без можливості його бічного витиснення з-під робочого органу чи фундаменту”, що слід моделювати завданням лише вимушених вертикальних переміщень вузлів КЕ верхньої межі розрахункової. При цьому можливість витиснення ґрунту в інших напрямках відсутня (так звана “компресійна задача”) [3].

Дослідні дані пошарового ущільнення суміші “хвостів” і суглинку отримані в лотку довжиною 3 м, шириною 1,5 м і глибиною 2 м. Перед відсипанням кожного нового шару суміші проводилось додаткове укочування вже ущільненої основи 30-40 проходками котка, щоб виключити можливість деформації підстильного шару при ущільненні шару суміші, котрий безпосередньо досліджується. Використовувався ручний рівнобарабанний коток масою 100 кг і шириною 600 мм. Статичний тиск котка на ущільнений ґрунт дорівнював $\sigma = 0,12$ МПа, що менше від міцності ґрунту $\sigma_p = 0,3$ МПа. Ширина смуги контакту при останньому укочуванні складала 13,8 мм.

Суміш складалась з 70% “хвостів” і 30% пилюватого суглинку. Загальні фізичні характеристики суміші мають такі значення: вологість на межі текучості $W_L = 0,244$; вологість на межі розкочування $W_p = 0,196$; вологість $w = 0,182$; щільність частинок $\rho_s = 2,99$ г/см³. Гранулометричний склад суміші за фракціями такий: > 0,1 мм – 0,96%; 0,1-0,05 мм – 16,41%; 0,05-0,01 мм – 33,45%; 0,01-0,002 мм – 42,26%; < 0,002 мм – 6,92%.

Товщина кожного шару суміші після відсипання й до укочування складала $h = 110$ мм. При цьому щільність сухого ґрунту в насипі до укочування становила $\rho_{d,0} = 1,59$ г/см³ (а коефіцієнт пористості відповідно складав $e_0 = 0,88$). Зниження поверхні шару після 30 проходів котка досягало $\Delta h = 19$ мм. У результаті щільність сухого ґрунту в ущільненому шарі після завершення укочування збільшилась до $\rho_{d,s} = 1,92$ г/см³.

Для моделювання укочування насипного шару суміші товщиною 110 мм прийнята вихідна розрахункова схема, зображена на рис.1, що містить 60 прямокутних КЕ (12×5) з розмірами 0,10×0,022 м і 215 вузлів, з яких 45 закріплених.

Розмір утворюючої циліндричної розрахункової області 1,20×0,11 м (тобто площа поперечного перерізу цієї розрахункової об-

ласті відповідає площі поперечного перерізу лотка). Нижня межа розрахункової області приймалась, виходячи з експериментального досвіду [2] про те, що шар, підстильний до насипного, є практично не стисливим. Вимушені вертикальні переміщення задавалися вузловим точкам КЕ верхньої межі розрахункової області. Так, точкам 191-215 (рис.1) були задані вертикальні переміщення, які відповідали величині $\Delta h = 19$ мм.

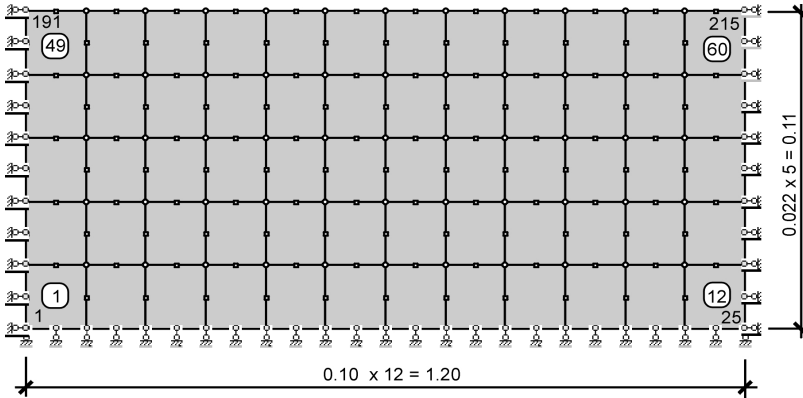


Рис.1 – Вихідна схема розбивки розрахункової зони на КЕ для моделювання ущільнення суміші в лотку укочуванням проходами котка

Ізолінії переміщень суміші у вертикальному напрямку від укочування за результатами моделювання представлені на рис.2. Вони являють собою паралельні горизонтальні лінії при однаковій відстані між сусідніми. Тобто за моделюванням ущільнення суміші в межах шару можна вважати рівномірним.

Залежність значень щільності сухого ґрунту $\rho_{d,s}$ від зниження поверхні шару Δh укочуванням проходами котка за даними моделювання подана на рис.3. З нього видно, що як за моделюванням, так і за лотковим експериментом при $\Delta h = 19$ мм величина щільності сухого ґрунту досягла $\rho_{d,s} = 1,92$ г/см³.

Залежність $\rho_{d,s} = f(\Delta h)$ найкраще апроксимується (при значенні коефіцієнта кореляції $r = 0,9999$ і коефіцієнта варіації $v = 0,0008$) степеневою функцією

$$\rho_{d,s} = a \cdot b^{(\Delta h/h_0)}, \quad (1)$$

де $a = 1,58 \text{ г/см}^3$ і $b = 1,01$ – емпіричні коефіцієнти; $h_0 = 1,0 \text{ мм}$.

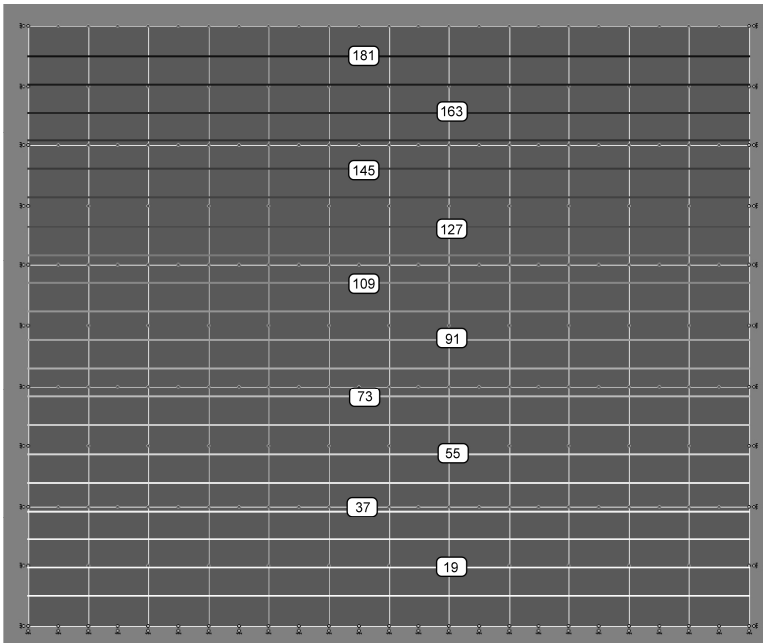


Рис.2 – Ізолінії вертикальних переміщень суміші, мм, за моделюванням ущільнення суміші в лотку укочуванням проходами котка

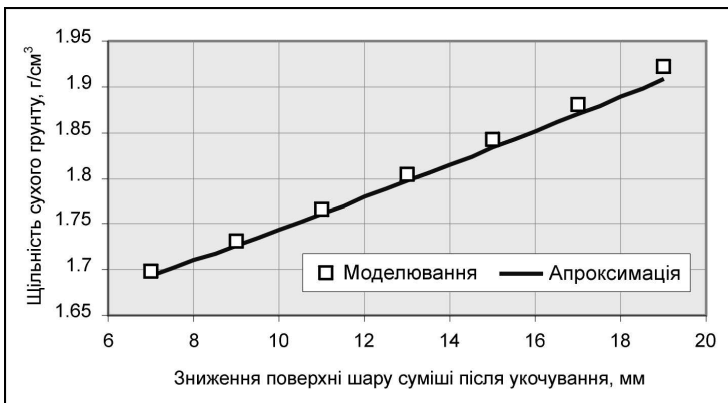


Рис.3 – Залежність щільності сухого ґрунту $\rho_{d,s}$ (г/см^3) від зниження поверхні шару суміші після укочування Δh (мм) суміші укочуванням проходами котка

Дещо нижчі статистичні показники ($r = 0,9994$; $v = 0,0017$) має лінійна функція

$$\rho_{d,s} = a + b \cdot (\Delta h / h_0), \quad (2)$$

де $a = 1,565 \text{ г/см}^3$ і $b = 0,0186 \text{ г/см}^3$ – емпіричні коефіцієнти; $h_0 = 1,0 \text{ мм}$.

Можливе також застосування логарифмічної функції ($r = 0,984$; $v = 0,0086$)

$$\rho_{d,s} = a + b \cdot \ln(\Delta h / h_0), \quad (3)$$

де $a = 1,249 \text{ г/см}^3$ і $b = 0,222 \text{ г/см}^3$ – емпіричні коефіцієнти; $h_0 = 1,0 \text{ мм}$.

Величина Δh в усіх виразах при цьому вимірюється в міліметрах.

Отже, доведена можливість визначення моделюванням досить достовірних величин наведених характеристик ущільнених укочуванням сумішей відходів гірничозбагачувального виробництва з глинистими ґрунтами. Тобто, маючи вихідні параметри шару суміші (h , $\rho_{d,0}$) і задаючись величиною Δh , отримуємо значення щільності сухого ґрунту в ущільненому шарі ($\rho_{d,s}$).

1.Хазанов М.И. Искусственные грунты, их образование и свойства. – М.: Наука, 1975. – 135 с.

2.Єрмакова І.А. Польові дослідження динамічного ущільнення ґрунтів і ґрунтових сумішей // 36. наук. праць (галузеве машинобуд., буд-во) / Полт. нац. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. Вип. 14. – Полтава: ПНТУ, 2004. – С. 69-73.

3.Винников Ю.Л. Математичне моделювання взаємодії фундаментів з ущільненими основами при їх зведенні та наступній роботі. – Полтава: ПолтНТУ ім. Юрія Кондратюка, 2004. – 237 с.

4.Винников Ю.Л., Коваленко В.І., Єрмакова І.А. Визначення наведених параметрів штучних основ з укочуванням ґрунту шляхом математичного моделювання // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.53. – К.: Техніка, 2003. – С.302-309.

Отримано 21.03.2005

УДК 624.012.46

С.В.БУТЕНКО, А.Ф.ПУГАЧЕВ, кандидаты техн. наук

Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ КЛАССОВ АРМАТУРНОЙ СТАЛИ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОГО ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ

Предлагаются критерии и методика оценки эффективности применения классов